

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2013 年 7 月 18 日 (18.07.2013)



(10) 国际公布号
WO 2013/104281 A1

- (51) 国际专利分类号:
H04W 16/14 (2009.01) H04B 17/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2013/070124
- (22) 国际申请日: 2013 年 1 月 6 日 (06.01.2013)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201210008725.6 2012 年 1 月 12 日 (12.01.2012) CN
- (71) 申请人: 电信科学技术研究院 (CHINA ACADEMY OF TELECOMMUNICATIONS TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国北京市海淀区学院路 40 号, Beijing 100191 (CN)。
- (72) 发明人: 蒋成钢 (JIANG, Chenggang); 中国北京市海淀区学院路 40 号, Beijing 100191 (CN)。 白文岭 (BAI, Wenling); 中国北京市海淀区学院路 40 号, Beijing 100191 (CN)。 李媛媛 (LI, Yuanyuan); 中国北京市海淀区学院路 40 号, Beijing 100191 (CN)。 杨宇 (YANG, Yu); 中国北京市海淀区学院路 40 号, Beijing 100191 (CN)。
- (74) 代理人: 北京鑫媛睿博知识产权代理有限公司 (BEIJING XINYUAN RAINBOW INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM); 中国北京市西城区宣武门外大街 28 号 B0603, Beijing 100052 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

[见续页]

(54) Title: METHOD AND SYSTEM FOR SPECTRUM SENSING

(54) 发明名称: 一种频谱感知方法和系统

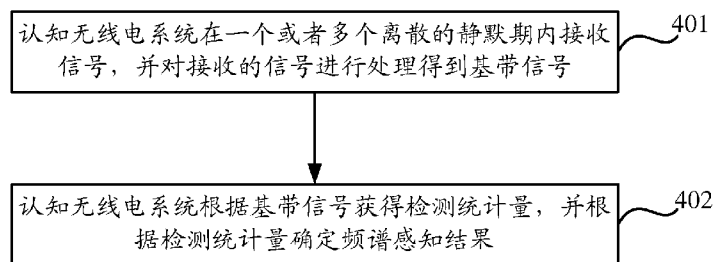


图 4 /Fig.4

401 RECEPTION OF THE SIGNAL BY THE COGNITIVE RADIO SYSTEM DURING THE ONE OR MULTIPLE DISCRETE QUIET PERIODS, AND PROCESSING OF THE SIGNAL RECEIVED TO ACQUIRE THE BASEBAND SIGNAL
402 ACQUISITION OF THE DETECTION STATISTIC BY THE COGNITIVE RADIO SYSTEM ON THE BASIS OF THE BASEBAND SIGNAL, AND DETERMINATION OF THE RESULT OF THE SPECTRUM SENSING ON THE BASIS OF THE DETECTION STATISTIC

(57) Abstract: Disclosed are a method and system for spectrum sensing. The method comprises: a cognitive radio system receiving a signal during one or multiple discrete quiet periods, and processing the signal received to acquire a baseband signal; the cognitive radio system acquiring a detection statistic on the basis of the baseband signal, and determining the result of a spectrum sensing on the basis of the detection statistic. In embodiments of the present invention, the method for spectrum sensing allows for acquisition of a robust detection performance in an environment having certain interferences, for improved detection performance, for completion of the spectrum sensing within a shortened time frame, thus conserving the time overhead for detection, and for completion of spectrum sensing detection during the multiple discrete quiet periods, thus for increased flexibility in terms of applicability in various cognitive radio systems.

(57) 摘要: 本发明公开了一种频谱感知方法和系统, 该方法包括: 认知无线电系统在一个或者多个离散的静默期内接收信号, 并对接收的信号进行处

理得到基带信号; 所述认知无线电系统根据所述基带信号获得检测统计量, 并根据所述检测统计量确定频谱感知结果。本发明实施例中, 频谱感知方法可以在一定的干扰环境下获得稳健的检测性能, 且检测性能较高; 能够在较短的时间内完成频谱感知, 从而节省检测的时间开销; 且能够在离散的多个静默期内完成频谱感知的检测, 从而更灵活的适用于各种认知无线电系统。



WO 2013/104281 A1



本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种频谱感知方法和系统

本申请要求于2012年1月12日提交中国专利局,申请号为201210008725.6,发明名称为“一种频谱感知方法和系统”的中国专利申请的优先权,其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本发明涉及通信技术领域,尤其涉及一种频谱感知方法和系统。

背景技术

随着移动通信事业的快速发展,日益增长的宽带无线通信需求与有限频谱资源的矛盾日趋明显;且随着移动业务在未来飞速的发展,电信运营商将面临更严峻的频谱资源短缺问题;另一方面,一些无线系统的频谱使用在时间和地域上几乎空闲(如广播电视频段,随着广播电视系统从模拟传输向数字传输的发展,由于数字传输可以极大提高传输容量,使得很多广播电视频段长期处于空闲状态);基于此,为了解决频谱资源紧缺的问题,CR(Cognitive Radio, 认知无线电)技术已经被广泛关注;其是一种解决频谱资源紧缺的有效手段,通过认知无线电技术,无线电系统能够根据其工作环境,自适应的调整其工作参数,以满足自身需要;其与软件无线电相配合,能够实施灵活的频谱使用,并实现频谱的共享,提高频谱的使用效率。

在认知无线电技术中,一般假设某授权频段上的授权系统正常工作,由认知无线电系统检测授权系统的频谱使用情况;当发现授权系统没有工作,授权频段空闲时,则认知无线电系统使用这一授权频段,并继续检测本频段授权系统的工作状态,一旦发现授权系统重新开始工作,则认知无线电系统将退出此授权频段,并转移到新的授权频段上继续工作。

在认知无线电系统的认知过程中,其频谱感知(Spectrum Sensing)通过对无线RF(射频)信号的检测来发现空闲的频谱;其频谱分析(Spectrum Analysis)通过感知的结果和无线RF环境测量信息分析空闲频谱能够为认知无

线电系统提供通信容量等；其频谱决策（Spectrum Decision）根据感知结果和分析结果来决策认知无线电系统所使用的无线参数。综上可知，频谱感知是认知无线电系统工作的先决条件。

频谱感知问题实际是一个二元检测问题，假设有一授权系统（如电视系统），在频谱感知接收端接收的授权系统信号为 $s(n)$ ，噪声为 $v(n)$ ，总的接收信号为 $x(n)$ ；假设如果授权系统在工作，则为 H_1 ；假设如果授权系统没有工作，则为 H_0 ；基于此，接收信号可以分别为：

$$\begin{cases} x(n) = v(n) & H_0 \\ x(n) = s(n) + v(n) & H_1 \end{cases}$$

其中， $s(n)$ 为 I/Q（同相正交）信号，其信号能量为 σ_s^2 ； $v(n)$ 为独立同分布的高斯白噪声信号，且 I/Q 分量独立，其噪声能量为 σ_v^2 。此外，对于上述的二元检测问题，假设检测统计量为 T ，如果 T 大于某门限，则认为授权系统在工作，判决结果为 D_1 （逻辑真，或者“1”）；如果 T 小于某门限，则认为授权系统没有在工作，判决结果为 D_0 （逻辑假，或者“0”），如下所示：

$$\begin{cases} T < \gamma & D_0 \\ T > \gamma & D_1 \end{cases}$$

进一步的，对于上述的检测统计量，可以采用能量检测方法，即直接统计某频点接收信号的能量，根据能量强弱来判断该频点是否被占用；能量检测的过程如下表述：假设检测时间窗内共捕获 N 个 DTMB（Digital Television Multimedia Broadcasting，数字电视多媒体广播）样本，直接对检测时间窗口内的接收信号采样值求平均能量，得到能量检测的检测统计量为：

$$T_{ED} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x(n)x^*(n) \quad ; \text{ 其判决准则为: } \begin{cases} T_{ED} < \gamma_{ED} & D_0 \\ T_{ED} > \gamma_{ED} & D_1 \end{cases} ; \gamma_{ED} \text{ 为判决门限。}$$

需要注意的是，对于工作在广播电视频段的认知无线电系统，需要准确检测某频点上是否有广播电视信号，从而判断该频点的可用性；对于广播电视频段的 DTMB 系统，如图 1 所示，为数据帧的结构示意图。数据帧结构的基本单元为信号帧，信号帧由帧头和帧体两部分时域信号组成；超帧定义为一组信号帧，分帧定义为一组超帧，帧结构的顶层为日帧（Calendar Day Frame，

CDF), 信号结构是周期性的, 并与自然时间同步; 帧头和帧体信号的基带符号率相同 (7.56 Msymbols/s); 帧头部分由PN (伪噪声) 序列构成, 帧头长度可以有三种选项; 帧头信号采用I路和Q路相同的4QAM (Quadrature Amplitude Modulation, 正交幅度调制) 调制; 帧体部分包含36个符号的系统信息和3744个符号的数据, 共3780个符号; 帧体长度是 $500\text{ }\mu\text{s}$ ($3780 \times 1/7.56\text{ }\mu\text{s}$)。

如图2所示, 为了适应不同的应用, 定义了三种可选帧头模式以及相应的信号帧结构。帧头模式一采用的PN序列定义为循环扩展的8阶m序列, 可由一个LFSR (Linear Feedback Shift Register, 线性反馈移位寄存器) 实现, 经“0”到+1值及“1”到-1值的映射变换为非归零的二进制符号; LFSR的初始条件确定所产生的PN序列的相位; 在一个超帧中共有225个信号帧; 每个超帧中各信号帧的帧头采用不同相位的PN信号作为信号帧识别符。基于该LFSR的初始状态, 可产生255个不同相位的PN420序列, 从序号0到序号254; 本标准选用其中的225个PN420序列, 从序号0到序号224; 此外, 为了尽量减小相邻序号的相关性, 经过计算机优化选择, 形成的信号帧序号序列和LFSR的初始状态; 在每个超帧开始时LFSR复位到序号0的初始相位。

帧头模式二采用10阶最大长度伪随机二进制序列截短而成, 帧头信号的长度为595个符号, 是长度为1023的m序列的前595个码片; 由图2产生的伪随机序列的前595码片, 经“0”到+1值及“1”到-1值的映射变换为非归零的二进制符号; 在一个超帧中共有216个信号帧; 每个超帧中各信号帧的帧头采用相同的PN序列。

帧头模式三采用的PN序列定义为循环扩展的9阶m序列, 可由一个LFSR实现, 经“0”到+1值及“1”到-1值的映射变换为非归零的二进制符号。LFSR的初始条件确定所产生的PN序列的相位, 在一个超帧中共有200个信号帧, 每个超帧中各信号帧的帧头采用不同相位的PN信号作为信号帧识别符; 基于该LFSR的初始状态, 可产生511个不同相位的PN945序列, 从序号0到序号510; 标准选用其中的200个PN945序列, 从序号0到序号199; 此外, 为了尽量减小相邻序号的相关性, 经过计算机优化选择, 形成的信号帧序号序列和LFSR的初始状态。在每个超帧开始时LFSR 复位到序号0的初始相位。

现有的DTMB系统同步方法可采用帧头内PN序列的相关性或者帧头间PN序列的相关性进行频率或者时间同步，其原理如图3所示。

现有技术中，认知无线电系统中对于广播电视信号的频谱感知问题需要很高的检测灵敏度（如规定工作在广播电视频段的认知无线电系统需要感知到-114dBm的信号），根据接收机特性，要求频谱感知算法满足SNR（信噪比）大于-22dB情况下以大于0.9的检测概率正确检测到授权系统信号，并要求虚警概率小于0.1；另外，认知无线电系统的频谱感知受到认知无线电本系统的干扰（即在检测目前工作频点是否有授权系统工作时，在接收认知无线电系统工作频点的无线RF信号用于频谱感知时，会同时接收到认知无线电系统通信的RF信号），因此目前频谱感知都采用静默期感知的策略，即认知无线电在执行频谱感知时，认知无线电系统停止工作，保持静默。

在实现本发明的过程中，发明人发现现有技术中至少存在以下问题：

由于频谱感知过程中需要认知无线电系统保持静默，使得认知无线电系统在执行频谱感知过程中无法进行正常通信，浪费了无线资源；进一步的，对于能量检测算法，其检测性能并不高，无法满足感知灵敏度的要求，其需要更长的检测时间开销。另一方面，能量检测容易受到其它无线信号的干扰，如TV的邻道泄露干扰或认知无线电系统的邻道泄露干扰或远端系统的干扰等，在这种低SNR环境下的检测，能量检测受温度等因素带来的噪声不确定性的影响，导致检测的非稳健性。另一方面，DTMB系统同步方法检测性能也不高，达到感知灵敏度要求的时间比较大，不适用于对DTMB信号的频谱感知。

发明内容

本发明实施例提供一种频谱感知方法和系统，以提高频谱感知的检测性能，并节省频谱感知的时间开销。

为了达到上述目的，本发明实施例提供一种频谱感知方法，包括：

认知无线电系统在一个或者多个离散的静默期内接收信号，并对接收的信号进行处理得到基带信号；

所述认知无线电系统根据所述基带信号获得检测统计量，并根据所述检

测统计量确定频谱感知结果。

本发明实施例提供一种频谱感知系统，包括：

第一获取模块，用于在一个或者多个离散的静默期内接收信号，并对接收的信号进行处理得到基带信号；

第二获取模块，用于根据所述基带信号获得检测统计量；

确定模块，用于根据所述检测统计量确定频谱感知结果。

与现有技术相比，本发明实施例至少具有以下优点：

本发明实施例中，频谱感知方法可以在一定的干扰环境下获得稳健的检测性能，且检测性能较高；能够在较短的时间内完成频谱感知，从而节省检测的时间开销；且能够在离散的多个静默期内完成频谱感知的检测，从而更灵活的适用于各种认知无线电系统。

附图说明

图 1 是现有技术中 DTMB 系统的数据帧的结构示意图；

图 2 是现有技术中三种可选帧头模式以及相应的信号帧结构的示意图；

图 3 是现有技术中 DTMB 系统同步方法的原理示意图；

图 4 是本发明实施例一提供的一种频谱感知方法流程示意图；

图 5 是本发明实施例一中利用一个帧头进行检测的原理框图；

图 6 是本发明实施例一中利用多个帧头进行检测的原理框图；

图 7 是本发明实施例三提供的一种频谱感知系统结构示意图。

具体实施方式

下面将结合本发明中的附图，对本发明中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明的一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

实施例一

本发明实施例一提供一种频谱感知方法，用于在认知无线电系统中实现

频谱感知, 如图 4 所示, 该方法包括以下步骤:

步骤 401, 认知无线电系统 (如认知无线电系统的频谱感知模块) 在一个或者多个离散的静默期内接收信号, 并对接收的信号进行处理得到基带信号。

本发明实施例中, 在 TD-LTE (TD-SCDMA Long Term Evolution, 时分同步码分多址长期演进) 系统中, 一个或者多个离散的静默期具体为 TD-LTE 系统的一个或者多个 GP (保护时隙); 或者, 为一个或者多个离散的 TD-LTE 静默子帧。

步骤 402, 认知无线电系统根据基带信号获得检测统计量, 并根据检测统计量确定频谱感知结果。

具体的, 认知无线电系统根据基带信号获得检测统计量包括: 认知无线电系统通过滤波器对基带信号进行滤波处理, 并对滤波处理后的结果进行取模处理; 认知无线电系统选择取模处理后的结果中的最大值, 计算取模处理后的结果的平均值; 认知无线电系统根据最大值以及平均值获得检测统计量。

进一步的, 认知无线电系统通过滤波器对基带信号进行滤波处理包括: 认知无线电系统对基带信号进行补零处理, 并通过滤波器对补零处理后的基带信号进行滤波处理; 其中, 补零个数由滤波器长度确定。

本发明实施例中, 上述信号为具有帧头加帧体 (或者说是已知序列加数据序列) 结构的信号, 且可以为具有多种帧头 (已知序列) 模式的信号, 且信号包括但不限于数字电视多媒体广播 DTMB 信号。为了方便描述, 后续以信号为 DTMB 信号为例进行说明, 对于其他类型的信号不再赘述。

针对 DTMB 信号, 基带信号为 DTMB 基带信号, DTMB 信号对应有帧头模式 PN420、帧头模式 PN595、帧头模式 PN945; 假设帧头长度为 N 符号, 整个信号帧长度为 M 符号, 则在帧头模式 PN420 下, 帧头长度 N 为 420, 信号帧长度 M 为 4200; 在帧头模式 PN595 下, 帧头长度 N 为 595, 信号帧长度 M 为 4375; 在帧头模式 PN945 下, 帧头长度 N 为 945, 信号帧长度 M 为 4725。

另一方面, 假设初始化时帧头模式 PN420 的帧头符号序列为 $s_{PN420}(n), n=0, \dots, 419$; 帧头模式 PN595 的帧头符号序列为 $s_{PN595}(n), n=0, \dots, 594$; 帧头模式 PN945 的帧头符号序列为 $s_{PN945}(n), n=0, \dots, 944$ 。

进一步的, 假设认知无线电系统可以得到信号为符号速率 7.56MHz 的 DTMB 基带信号 $x^{(n)}$; 且该 DTMB 基带信号可以通过对接收信号 (在一个或者多个离散的静默期内所接收的信号) 采样滤波得到, 本发明实施例中不再赘述如何对接收的信号进行处理以得到 DTMB 基带信号。

基于上述情况, 认知无线电系统 (或其频谱感知模块) 在一个或多个离散的静默期 (一个或多个离散的静默期对于 TD-LTE 系统可以为 TD-LTE 系统的一个或者多个 GP; 或者, 为一个或者多个离散的 TD-LTE 静默子帧) 内完成对 DTMB 信号的接收, 并获得 DTMB 基带信号。

在一个离散的静默期内捕获足够的 DTMB 信号用于检测, 其检测过程包括: 认知无线电系统 (或其频谱感知模块) 对接收信号进行处理得到 DTMB 基带信号; 将 DTMB 基带信号经过 3 个滤波器, 3 个滤波器的抽头系数分别为整个帧头序列或者部分帧头序列的函数; 将 3 个滤波器输出结果进行取模处理; 对每个滤波器输出的取模结果, 选择其中的最大值, 并计算平均值; 通过最大值比平均值得到 3 个检测统计量; 将 3 个检测统计量分别进行判决 (判决门限是目标虚警概率、DTMB 帧长度、滤波器长度的函数), 得到逻辑假或第一标识 (如 0) 的判决结果 (此时认为授权系统没有在工作, 无 DTMB 信号), 或者, 逻辑真或第二标识 (如 1) 的判决结果 (此时认为授权系统在工作, 有 DTMB 信号); 将 3 个判决结果进行逻辑或合并, 得到最终判决结果。

在 K 个离散的静默期内检测, 每个离散静默期内捕获足够的 DTMB 信号用于检测, 其检测过程包括: 基于一个离散的静默期内进行检测的过程, 认知无线电系统 (或其频谱感知模块) 在 K 个离散静默期内重复执行一个离散的静默期内进行的处理 (即认知无线电系统对接收信号进行处理得到 DTMB 基带信号; 将 DTMB 基带信号经过 3 个滤波器, 3 个滤波器的抽头系数分别为整个帧头序列或者部分帧头序列的函数; 将 3 个滤波器输出结果进行取模处理; 对每个滤波器输出的取模结果, 选择其中的最大值, 并计算平均值; 通过最大值比平均值得到 3 个检测统计量; 将 3 个检测统计量分别进行判决, 其判决门限是目标虚警概率、DTMB 帧长度、滤波器长度、离散的静默期个数 K 的函数), 以得到 3K 个判决结果 (逻辑假或第一标识, 或者, 逻辑真或

第二标识); 将上述 3K 个判决结果进行逻辑或合并, 得到最终判决结果。

在 K 个离散的静默期内检测, 每个离散静默期内捕获足够的 DTMB 信号用于检测, 其检测过程包括: 认知无线电系统 (或其频谱感知模块) 接收 K 个离散静默期内的信号, 对接收信号进行处理得到 DTMB 基带信号; 分别将 K 段 DTMB 基带信号经过滤波器, 得到每段信号的滤波结果, 滤波器的抽头系数为初始化时帧头模式 PN420 的帧头序列或者初始化时帧头模式 PN420 的部分帧头序列的函数; 对上述滤波结果进行取模处理; 标记 K 段滤波并取模结果最大值的位置, 并将 K 个最大值位置对应的滤波结果进行合并, 对合并结果取模, 得到值 a; 将 K 段滤波结果的求和并取模, 得到值 b; 通过 a/b 得到检测统计量; 将检测统计量与判决门限进行判决 (判决门限是目标虚警概率、DTMB 帧长度、滤波器长度、静默期个数 K 的函数), 得到逻辑假或第一标识的判决结果, 或者, 逻辑真或第二标识的判决结果; 重复执行两次上述步骤, 两次重复执行过程中滤波器抽头系数分别为初始化时帧头模式 PN595 的帧头序列或者初始化时帧头模式 PN595 的部分帧头序列的函数; 以及初始化时帧头模式 PN945 的帧头序列或者初始化时帧头模式 PN945 的部分帧头序列的函数; 对上述得到的 3 个判决结果进行逻辑或合并, 得到最终判决结果。

情况一、如图 5 所示的原理框图, 该情况利用一个帧头进行检测, 即在一个离散的静默期内捕获足够的 DTMB 信号用于检测。

该情况下, 认知无线电系统根据基带信号获得检测统计量进一步包括:

步骤 1、在一个离散的静默期所对应的 DTMB 基带信号 $x(n)$ 中, 认知无线电系统任意截取 M 符号长度的 DTMB 基带信号得到截取出的信号 $x(n), n=0, \dots, M$ 。

步骤 2、认知无线电系统将截取信号 $x(n)$ 补零得到信号 $u(n)$, 补零个数根据滤波器长度确定。

步骤 3、认知无线电系统将信号 $u(n)$ 分别经过三个滤波器进行滤波处理, 得到滤波后的输出结果为:

$$y_{PN420}(m) = \frac{1}{L} \sum_{n=0}^{L-1} u(m+n) h_{PN420}^*(L-1-n), m=0, 1, 2, \dots, M-1$$

$$y_{PN595}(m) = \frac{1}{L} \sum_{n=0}^{L^2-1} u(m+n) h_{PN595}^*(L^2 - n - 1), m=0,1,2...M-1$$

$$y_{PN945}(m) = \frac{1}{L} \sum_{n=0}^{L^3-1} u(m+n) h_{PN945}^*(L^3 - n - 1), m=0,1,2...M-1$$

其中, h^* 的*为共厄运算; 上述滤波器的抽头系数为整个帧头序列或部分帧头序列的函数, 且滤波器的抽头系数根据需要可以为:

$$h_{PN420}(L^1 - 1) = s_{PN420}(1), l=0, \dots, L^1, \text{ 其 } L=164$$

$$h_{PN595}(L^2 - 1) = s_{PN595}(1), l=0, \dots, L^2, \text{ 其 } L=594$$

$$h_{PN945}(L^3 - 1) = s_{PN945}(1), l=0, \dots, L^3, \text{ 其 } L=433$$

或者,

$$h_{PN420}(L^1 - 1) = s_{PN420}(1), l=0, \dots, L^1, \text{ 其 } L=419$$

$$h_{PN595}(L^2 - 1) = s_{PN595}(1), l=0, \dots, L^2, \text{ 其 } L=594$$

$$h_{PN945}(L^3 - 1) = s_{PN945}(1), l=0, \dots, L^3, \text{ 其 } L=944$$

其中, 帧头模式 PN420 的帧头符号序列为 $s_{PN420}(n), n=0, \dots, 419$; 帧头模式 PN595 的帧头符号序列为 $s_{PN595}(n), n=0, \dots, 594$; 帧头模式 PN945 的帧头符号序列为 $s_{PN945}(n), n=0, \dots, 944$ 。

步骤 4、认知无线电系统对滤波后的输出结果 (即每个样本结果) 进行如下的取模处理:

$$z_{PN420}(m) = \text{abs}(y_{PN420}(m)), m=0,1,2...M-1$$

$$z_{PN595}(m) = \text{abs}(y_{PN595}(m)), m=0,1,2...M-1$$

$$z_{PN945}(m) = \text{abs}(y_{PN945}(m)), m=0,1,2...M-1$$

步骤 5、认知无线电系统选择取模处理后的结果中的最大值, 计算取模处理后的结果的平均值, 并通过最大值与平均值之比得到如下 3 个检测统计量:

$$T_{PN420} = \frac{\max\{z_{PN420}(m), m=0,1,2...M-1\}}{\frac{1}{M} \sum_{m=0}^{M-1} z_{PN420}(m)}$$

$$T_{PN595} = \frac{\max\{z_{PN595}(m), m=0,1,2...M-1\}}{\frac{1}{M} \sum_{m=0}^{M-1} z_{PN595}(m)}$$

$$T_{PN945} = \frac{\max \{z_{PN945}(m), m=0,1,2,\dots,M-1\}}{\frac{1}{M} \sum_{m=0}^{M-1} z_{PN945}(m)}$$

进一步的, 认知无线电系统根据检测统计量确定频谱感知结果, 包括:

步骤 6、认知无线电系统通过 3 个检测统计量与判决门限进行如下判决:

$$\begin{cases} T_{PN420} < \gamma_{PN420} & D_0^{(1)} \\ T_{PN420} > \gamma_{PN420} & D_1^{(1)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} T_{PN595} < \gamma_{PN595} & D_0^{(2)} \\ T_{PN595} > \gamma_{PN595} & D_1^{(2)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} T_{PN945} < \gamma_{PN945} & D_0^{(3)} \\ T_{PN945} > \gamma_{PN945} & D_1^{(3)} \end{cases}$$

以得到判决结果 $D^{(1)}$ 、 $D^{(2)}$ 、 $D^{(3)}$, 上述判决中, $D_0^{(i)}$ 代表逻辑假或者第一标识 (0), 此时认为授权系统没有在工作, 无 DTMB 信号; $D_1^{(i)}$ 代表逻辑真或者第二标识 (1), 此时认为授权系统在工作, 有 DTMB 信号; γ_{xxx} 为判决门限, 且判决门限根据目标虚警概率、M 值、L 值确定。

步骤 7、认知无线电系统将判决结果 $D^{(1)}$ 、 $D^{(2)}$ 、 $D^{(3)}$ 进行逻辑 OR (或) 合并, 得到最终的判决结果 $D = \text{OR}(D^{(i)}), i=1,2,3$, 并基于判决结果 D 确定频谱感知结果。

情况二、该情况利用多个帧头进行检测, 且通过 OR 合并方法进行检测。

该情况下, 认知无线电系统根据基带信号获得检测统计量, 进一步包括:

步骤 1、认知无线电系统在多个离散的静默期所对应的 DTMB 基带信号 $x(n)$ 中, 得到 K 段相同长度的 DTMB 基带信号 $x^{(k)}(n), k=0, \dots, K-1, n=0, \dots, M-1$, 且每段信号长度为 M。

步骤 2、认知无线电系统按照对一个离散的静默期所对应的 DTMB 基带信号 $x(n)$ 的处理方式 (即情况一下的步骤 1-步骤 5), 对 K 段 DTMB 基带信号中的每段 DTMB 基带信号分别进行处理, 得到对应的 $3*K$ 个检测统计量。

进一步的, 认知无线电系统根据检测统计量确定频谱感知结果, 包括:

步骤 3、认知无线电系统按照对一个离散的静默期所对应的检测统计量进行判决的处理方式 (即情况一下的步骤 6), 对 $3*K$ 个检测统计量进行判决,

以得到 $3 \times K$ 个判决结果 $D^{(1,k)}$ 、 $D^{(2,k)}$ 、 $D^{(3,k)}$ ， $k=0, \dots, K-1$ 。

步骤 4、认知无线电系统将 $3 \times K$ 个判决结果 $D^{(1,k)}$ 、 $D^{(2,k)}$ 、 $D^{(3,k)}$ 进行逻辑 OR 合并，得到最后的判决结果 $D = \text{OR}(D^{(i,k)})$ ， $i=1, 2, 3, k=0, \dots, K-1$ ，并基于判决结果 D 确定频谱感知结果。

情况三、如图 6 所示的原理框图，该情况利用多个帧头进行检测，且通过最大值合并方式进行检测。

该情况下，认知无线电系统根据基带信号获得检测统计量，进一步包括：

步骤 1、认知无线电系统在多个离散的静默期所对应的 DTMB 基带信号 $x(n)$ 中，得到 K 段相同长度的 DTMB 基带信号 $x^{(k)}(n)$ ， $k=0, \dots, K-1, n=0, \dots, M-1$ ，且每段信号长度为 M 。

步骤 2、认知无线电系统将截取的 DTMB 基带信号 $x^{(k)}(n)$ 补零得到信号 $u^{(k)}(n)$ ，补零个数根据滤波器长度确定。

步骤 3、认知无线电系统将信号 $u^{(k)}(n)$ 分别经过三个滤波器进行滤波处理，得到滤波后的输出结果为：

$$y_{\text{PN420}}^{(k)}(m) = \frac{1}{L} \sum_{n=0}^{L^1-1} u^{(k)}(m+n) h_{\text{PN420}}^*(L^1 - n - 1), m=0, 1, 2, \dots, M-1$$

$$y_{\text{PN595}}^{(k)}(m) = \frac{1}{L} \sum_{n=0}^{L^2-1} u^{(k)}(m+n) h_{\text{PN595}}^*(L^2 - n - 1), m=0, 1, 2, \dots, M-1$$

$$y_{\text{PN945}}^{(k)}(m) = \frac{1}{L} \sum_{n=0}^{L^3-1} u^{(k)}(m+n) h_{\text{PN945}}^*(L^3 - n - 1), m=0, 1, 2, \dots, M-1$$

其中， $h^*(\cdot)$ 的*为共厄运算；上述滤波器的抽头系数为整个帧头序列或部分帧头序列的函数，且滤波器的抽头系数根据需要可以为：

$$h_{\text{PN420}}(L^1 - 1) = s_{\text{PN420}}(1), l=0, \dots, L^1, \text{ 其 } L=164$$

$$h_{\text{PN595}}(L^2 - 1) = s_{\text{PN595}}(1), l=0, \dots, L^2, \text{ 其 } L=594$$

$$h_{\text{PN945}}(L^3 - 1) = s_{\text{PN945}}(1), l=0, \dots, L^3, \text{ 其 } L=433$$

或者，

$$h_{\text{PN420}}(L^1 - 1) = s_{\text{PN420}}(1), l=0, \dots, L^1, \text{ 其 } L=419$$

$$h_{\text{PN595}}(L^2 - 1) = s_{\text{PN595}}(1), l=0, \dots, L^2, \text{ 其 } L=594$$

$$h_{\text{PN945}}(L^3 - 1) = s_{\text{PN945}}(1), l = 0, \dots, L^3, \text{ 其 } L=944$$

其中, 帧头模式 PN420 的帧头符号序列为 $s_{\text{PN420}}(n), n=0, \dots, 419$; 帧头模式 PN595 的帧头符号序列为 $s_{\text{PN595}}(n), n=0, \dots, 594$; 帧头模式 PN945 的帧头符号序列为 $s_{\text{PN945}}(n), n=0, \dots, 944$ 。

步骤 4、认知无线电系统对滤波后的输出结果进行如下的取模处理:

$$z_{\text{PN420}}^{(k)}(m) = \text{abs}\left(y_{\text{PN420}}^{(k)}(m)\right), m = 0, 1, 2 \dots M-1$$

$$z_{\text{PN595}}^{(k)}(m) = \text{abs}\left(y_{\text{PN595}}^{(k)}(m)\right), m = 0, 1, 2 \dots M-1$$

$$z_{\text{PN945}}^{(k)}(m) = \text{abs}\left(y_{\text{PN945}}^{(k)}(m)\right), m = 0, 1, 2 \dots M-1$$

步骤 5、认知无线电系统通过如下方式标记每一个 k 对应的取模结果最大的值对应的 m:

$$q_1^{(k)} = m \mid \max_m \left(z_{\text{PN420}}^{(k)}(m) \right)$$

$$q_2^{(k)} = m \mid \max_m \left(z_{\text{PN595}}^{(k)}(m) \right)$$

$$q_3^{(k)} = m \mid \max_m \left(z_{\text{PN945}}^{(k)}(m) \right)$$

步骤 6、认知无线电系统通过如下方式将上述标记的 m 值对应的匹配滤波输出结果进行合并, 并对合并后的结果进行取模处理:

$$w_{\text{PN420}} = \text{abs} \left(\sum_{k=0}^{K-1} y_{\text{PN420}}^{(k)}(q_1^{(k)}) \right)$$

$$w_{\text{PN595}} = \text{abs} \left(\sum_{k=0}^{K-1} y_{\text{PN595}}^{(k)}(q_2^{(k)}) \right)$$

$$w_{\text{PN945}} = \text{abs} \left(\sum_{k=0}^{K-1} y_{\text{PN945}}^{(k)}(q_3^{(k)}) \right)$$

步骤 7、认知无线电系统通过如下方式对 k 段信号的匹配滤波结果取平均值, 并对取平均值后的结果进行取模处理:

$$\text{mean}_{\text{PN420}} = \text{abs} \left(\sum_{k=0}^{K-1} \sum_{m=0}^{M-1} y_{\text{PN420}}^{(k)}(m) \right)$$

$$\text{mean}_{\text{PN595}} = \text{abs} \left(\sum_{k=0}^{K-1} \sum_{m=0}^{M-1} y_{\text{PN595}}^{(k)}(m) \right)$$

$$\text{mean}_{\text{PN945}} = \text{abs} \left(\sum_{k=0}^{K-1} \sum_{m=0}^{M-1} y_{\text{PN945}}^{(k)}(m) \right)$$

步骤 8、认知无线电系统将步骤 6 的最大值（即对合并后的结果进行取模处理后的结果）与步骤 7 平均值（即对取平均值后的结果进行取模处理后的结果）相除，得到如下的检测统计量：

$$T_{\text{PN420}} = \frac{W_{\text{PN420}}}{\text{mean}_{\text{PN420}}}$$

$$T_{\text{PN595}} = \frac{W_{\text{PN595}}}{\text{mean}_{\text{PN595}}}$$

$$T_{\text{PN945}} = \frac{W_{\text{PN945}}}{\text{mean}_{\text{PN945}}}$$

进一步的，认知无线电系统根据检测统计量确定频谱感知结果，包括：

步骤 9、认知无线电系统通过检测统计量（即步骤 8 中的 3 个检测统计量）与判决门限进行如下判决：

$$\begin{cases} T_{\text{PN420}} < \gamma'_{\text{PN420}} & D_0^{(1)} \\ T_{\text{PN420}} > \gamma'_{\text{PN420}} & D_1^{(1)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} T_{\text{PN595}} < \gamma'_{\text{PN595}} & D_0^{(2)} \\ T_{\text{PN595}} > \gamma'_{\text{PN595}} & D_1^{(2)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} T_{\text{PN945}} < \gamma'_{\text{PN945}} & D_0^{(3)} \\ T_{\text{PN945}} > \gamma'_{\text{PN945}} & D_1^{(3)} \end{cases}$$

以得到判决结果 $D^{(1)}$ 、 $D^{(2)}$ 、 $D^{(3)}$ ，上述判决中， $D_0^{(i)}$ 代表逻辑假或者第一标识（0），此时认为授权系统没有在工作，无 DTMB 信号； $D_1^{(i)}$ 代表逻辑真或者第二标识（1），此时认为授权系统在工作，有 DTMB 信号； γ'_{xxx} 为判决门限，且判决门限根据目标虚警概率、K 值、M 值、L 值确定。

步骤 10、认知无线电系统将判决结果 $D^{(1)}$ 、 $D^{(2)}$ 、 $D^{(3)}$ 进行逻辑 OR 合并，得到判决结果 $D = \text{OR}(D^{(i)}), i=1,2,3$ ，并基于判决结果 D 确定频谱感知结果。

本发明的上述实施例中，上述频谱感知的检测方法可以在其它离散的静默期内完成，也可以在长时间连续的静默期内完成；此外还可以在 TD-LTE 的 GP 内完成，具体实现方法是频谱感知模块保持与 TD-LTE 系统的同步，并在 TD-LTE 的 GP 内接收 DTMB 信号，若使用单个 GP 用于检测，则使用情况

一的检测方法，若使用多个 GP 用于检测，则使用情况二、三的检测方法。

当前认知无线电的频谱感知面临微弱信号的检测问题，要求算法具有高的检测性能，且要求感知算法能快速的检测到授权系统信号，要求比较少的检测时间开销；另外，频谱感知可能受到授权系统乃至认知无线电系统的干扰，从而要求感知算法具有比较高的稳健性。现有技术中，频谱感知算法是能量检测，但能量检测很难达到检测性能和检测时间开销的要求，且会受其它干扰的影响从而导致检测性能的严重下降；而广播电视系统的同步检测方法不完全适合于认知无线电系统的频谱感知。

针对上述发现，本发明实施例提供一种对于 DTMB 信号的频谱感知方法，该方法通过对 DTMB 帧头信号的检测，有效完成对 DTMB 信号的检测；该方法相对能量检测算法，能够获得更高的检测性能，从而达到微弱信号检测的要求；且该方法能够有效对抗无线环境干扰和系统噪声水平变化对频谱感知的影响，从而大大提高认知系统的稳健性，可以在一定的干扰环境下获得稳健的检测性能，且检测性能较高；该方法不仅适用于连续长时间静默期内的频谱感知，也适用于多个离散短时间静默期内的感知，能够在较短的时间内完成频谱感知，从而节省检测的时间开销；且能够在离散的多个静默期内完成频谱感知的检测，从而更灵活的适用于各种认知无线电系统。

实施例二

本发明实施例二提供一种频谱感知方法，假设 TD-LTE 具有认知无线电功能，即 TD-LTE 基站具有认知模块，以发现可用的 DTMB 广播系统空闲频段，TD-LTE 的特殊子帧配置为配置 0，则频谱感知过程包括：

- 步骤 1、TD-LTE 基站侧的频谱感知模块保持与 TD-LTE 基站的下行同步；
- 步骤 2、频谱感知模块在 TD-LTE 的 GP 内接收某频点的 DTMB 信号；
- 步骤 3、频谱感知模块对接收的信号进行滤波和采样，以得到符号速率为 7.56MSymbols/s 的 DTMB 基带信号；
- 步骤 4、将上述 DTMB 基带信号进行截取，得到长度为 4725 符号长度的信号 $x(n), n=0, \dots, 4724$ ；

将 $x(n)$ 信号进行补零得到 $u(n)$ ，然后分别经过 3 个滤波器，分别得到滤波

后的输出结果:

$$y_{PN420}(m) = \frac{1}{L} \sum_{n=0}^{L^1-1} u(m+n) h_{PN420}^*(L^1-n-1), m=0,1,2\dots 4119$$

$$y_{PN595}(m) = \frac{1}{L} \sum_{n=0}^{L^2-1} u(m+n) h_{PN595}^*(L^2-n-1), m=0,1,2\dots 4374$$

$$y_{PN945}(m) = \frac{1}{L} \sum_{n=0}^{L^3-1} u(m+n) h_{PN945}^*(L^3-n-1), m=0,1,2\dots 4724$$

且三个滤波器的抽头系数分别:

$$h_{PN420}(L^1-1) = s_{PN420}(1), l=0, \dots, L^1, \text{ 其 } L^1=419$$

$$h_{PN595}(L^2-1) = s_{PN595}(1), l=0, \dots, L^2, \text{ 其 } L^2=594$$

$$h_{PN945}(L^3-1) = s_{PN945}(1), l=0, \dots, L^3, \text{ 其 } L^3=944$$

其中, $s_{PN420}(\cdot)$, $s_{PN595}(\cdot)$, $s_{PN945}(\cdot)$ 分别为 3 种帧头模式的初始化帧头序列;

步骤 5、对滤波器输出的每个样本结果取模运算:

$$z_{PN420}(m) = \text{abs}(y_{PN420}(m)), m=0,1,2\dots 4119$$

$$z_{PN595}(m) = \text{abs}(y_{PN595}(m)), m=0,1,2\dots 4374$$

$$z_{PN945}(m) = \text{abs}(y_{PN945}(m)), m=0,1,2\dots 4724$$

步骤 6、将上述取模运算结果, 用最大值比平均值, 得到 3 个检测统计量:

$$T_{PN420} = \frac{\max\{z_{PN420}(m), m=0,1,2\dots 4119\}}{\frac{1}{M} \sum_{m=0}^{4119} z_{PN420}(m)}$$

$$T_{PN595} = \frac{\max\{z_{PN595}(m), m=0,1,2\dots 4374\}}{\frac{1}{M} \sum_{m=0}^{4374} z_{PN595}(m)}$$

$$T_{PN945} = \frac{\max\{z_{PN945}(m), m=0,1,2\dots 4724\}}{\frac{1}{M} \sum_{m=0}^{4724} z_{PN945}(m)}$$

步骤 7、将上述 3 个检测统计量分别与判决门限进行判决, 得到 3 个判决结果:

$$\begin{cases} T_{PN420} < \gamma_{PN420} & D_0^{(1)} \\ T_{PN420} > \gamma_{PN420} & D_1^{(1)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} T_{\text{PN}595} < \gamma_{\text{PN}595} & D_0^{(2)} \\ T_{\text{PN}595} > \gamma_{\text{PN}595} & D_1^{(2)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} T_{\text{PN}945} < \gamma_{\text{PN}945} & D_0^{(3)} \\ T_{\text{PN}945} > \gamma_{\text{PN}945} & D_1^{(3)} \end{cases}$$

上述判决中， $D_0^{(i)}$ 代表 “0”， $D_1^{(i)}$ 代表 “1”； γ_{xxx} 为判决门限，判决门限根据目标虚警概率(0.1)、M 值、L 值确定；

步骤 8、在连续 5 个 TD-LTE GP 内执行上述步骤 2-步骤 7，以得到 15 个判决结果 $D_0^{(i,k)}$, $i=1,2,3; k=1,\dots,5$ ；

步骤 9、将上述 15 个判决结果进行逻辑或 (OR) 运算，即只要任意一个 $D_0^{(i,k)}$, $i=1,2,3; k=1,\dots,5$ 为逻辑 “1”，则判决结果为逻辑真 (即有 DTMB 信号)；否则，判决为逻辑 “0”，则判决结果为逻辑假 (即无 DTMB 信号)。

实施例三

基于与上述方法同样的发明构思，本发明实施例中还提供了一种频谱感知系统 (其具体可以为认知无线电系统，或认知无线电系统中的频谱感知模块)，如图 7 所示，该系统包括：

第一获取模块 11，用于在一个或者多个离散的静默期内接收信号，并对接收的信号进行处理得到基带信号；

第二获取模块 12，用于根据所述基带信号获得检测统计量；

确定模块 13，用于根据所述检测统计量确定频谱感知结果。

所述第二获取模块 12，具体用于通过滤波器对所述基带信号进行滤波处理，并对滤波处理后的结果进行取模处理；选择取模处理后的结果中的最大值，并计算取模处理后的结果的平均值；以及根据所述最大值以及所述平均值获得检测统计量。

所述第二获取模块 12，进一步用于对所述基带信号进行补零处理，并通过所述滤波器对补零处理后的基带信号进行滤波处理；其中，补零个数由所述滤波器长度确定。

所述信号为具有帧头加帧体结构的信号，且所述信号包括数字电视多媒体广播 DTMB 信号。

当信号为 DTMB 信号时，基带信号为 DTMB 基带信号 $x^{(n)}$ ，且 DTMB

信号对应帧头模式 PN420、帧头模式 PN595、帧头模式 PN945;

所述第二获取模块 12, 进一步用于在一个离散的静默期所对应的 DTMB 基带信号 $x(n)$ 中, 任意截取 M 符号长度的 DTMB 基带信号得到 $x(n), n=0, \dots, M$;

将截取信号 $x(n)$ 补零得到信号 $u(n)$, 并将信号 $u(n)$ 分别经过三个滤波器进行滤波处理, 得到滤波后的输出结果为:

$$y_{PN420}(m) = \frac{1}{L} \sum_{n=0}^{L^1-1} u(m+n) h_{PN420}^*(L^1 - n - 1), m=0, 1, 2 \dots M-1$$

$$y_{PN595}(m) = \frac{1}{L} \sum_{n=0}^{L^2-1} u(m+n) h_{PN595}^*(L^2 - n - 1), m=0, 1, 2 \dots M-1$$

$$y_{PN945}(m) = \frac{1}{L} \sum_{n=0}^{L^3-1} u(m+n) h_{PN945}^*(L^3 - n - 1), m=0, 1, 2 \dots M-1$$

其中, h^* 的*为共厄运算;

对滤波后的输出结果进行如下的取模处理:

$$z_{PN420}(m) = \text{abs}(y_{PN420}(m)), m=0, 1, 2 \dots M-1$$

$$z_{PN595}(m) = \text{abs}(y_{PN595}(m)), m=0, 1, 2 \dots M-1$$

$$z_{PN945}(m) = \text{abs}(y_{PN945}(m)), m=0, 1, 2 \dots M-1$$

选择取模处理后的结果中的最大值, 计算取模处理后的结果的平均值, 并通过所述最大值与平均值之比得到如下检测统计量:

$$T_{PN420} = \frac{\max\{z_{PN420}(m), m=0, 1, 2 \dots M-1\}}{\frac{1}{M} \sum_{m=0}^{M-1} z_{PN420}(m)}$$

$$T_{PN595} = \frac{\max\{z_{PN595}(m), m=0, 1, 2 \dots M-1\}}{\frac{1}{M} \sum_{m=0}^{M-1} z_{PN595}(m)}$$

$$T_{PN945} = \frac{\max\{z_{PN945}(m), m=0, 1, 2 \dots M-1\}}{\frac{1}{M} \sum_{m=0}^{M-1} z_{PN945}(m)}.$$

所述确定模块 13, 进一步用于通过所述检测统计量与判决门限进行如下判决:

$$\begin{cases} T_{PN420} < \gamma_{PN420} & D_0^{(1)} \\ T_{PN420} > \gamma_{PN420} & D_1^{(1)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} T_{PN595} < \gamma_{PN595} & D_0^{(2)} \\ T_{PN595} > \gamma_{PN595} & D_1^{(2)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} T_{PN945} < \gamma_{PN945} & D_0^{(3)} \\ T_{PN945} > \gamma_{PN945} & D_1^{(3)} \end{cases}$$

以得到判决结果 $D^{(1)}$ 、 $D^{(2)}$ 、 $D^{(3)}$ ，其中， $D_0^{(i)}$ 代表逻辑假或者第一标识， $D_1^{(i)}$ 代表逻辑真或者第二标识， γ_{xxx} 为判决门限，且所述判决门限根据目标虚警概率、M 值、L 值确定；

将所述判决结果 $D^{(1)}$ 、 $D^{(2)}$ 、 $D^{(3)}$ 进行逻辑 OR 合并，得到判决结果 $D = \text{OR}(D^{(i)}), i=1,2,3$ ，并基于判决结果 D 确定频谱感知结果。

所述第二获取模块 12，进一步用于在多个离散的静默期所对应的 DTMB 基带信号 $x^{(n)}$ 中，得到 K 段相同长度的 DTMB 基带信号 $x^{(k)}(n), k=0, \dots, K-1$ ，且每段信号长度为 M；

按照对一个离散的静默期所对应的 DTMB 基带信号 $x^{(n)}$ 的处理方式，对 K 段 DTMB 基带信号中的每段 DTMB 基带信号分别进行处理，得到对应的 $3*K$ 个检测统计量；

所述确定模块 13，进一步用于按照对一个离散的静默期所对应的检测统计量进行判决的处理方式，对所述 $3*K$ 个检测统计量进行判决，以得到 $3*K$ 个判决结果 $D^{(1,k)}$ 、 $D^{(2,k)}$ 、 $D^{(3,k)}$ ， $k=0, \dots, K-1$ ；

将所述 $3*K$ 个判决结果 $D^{(1,k)}$ 、 $D^{(2,k)}$ 、 $D^{(3,k)}$ 进行逻辑 OR 合并，得到判决结果 $D = \text{OR}(D^{(i,k)}), i=1,2,3, k=0, \dots, K-1$ ，并基于判决结果 D 确定频谱感知结果。

当信号为 DTMB 信号时，基带信号为 DTMB 基带信号 $x^{(n)}$ ，且 DTMB 信号对应帧头模式 PN420、帧头模式 PN595、帧头模式 PN945；

所述第二获取模块 12，进一步用于在多个离散的静默期所对应的 DTMB 基带信号 $x^{(n)}$ 中，得到 K 段相同长度的 DTMB 基带信号 $x^{(k)}(n), k=0, \dots, K-1$ ，且每段信号长度为 M；

将 DTMB 基带信号 $x^{(k)}(n)$ 补零得到信号 $u^{(k)}(n)$ ，并将信号 $u^{(k)}(n)$ 分别经过三个滤波器进行滤波处理，得到滤波后的输出结果为：

$$y_{PN420}^{(k)}(m) = \frac{1}{L} \sum_{n=0}^{L-1} u^{(k)}(m+n) h_{PN420}^*(L-1-n), m=0,1,2,\dots,M-1$$

$$y_{\text{PN945}}^{(k)}(m) = \frac{1}{L} \sum_{n=0}^{L^2-1} u^{(k)}(m+n) h_{\text{PN945}}^*(L^2-n-1), m=0,1,2\dots M-1$$

$$y_{\text{PN945}}^{(k)}(m) = \frac{1}{L} \sum_{n=0}^{L^3-1} u^{(k)}(m+n) h_{\text{PN945}}^*(L^3-n-1), m=0,1,2\dots M-1$$

其中, h^* 的*为共厄运算;

对滤波后的输出结果进行如下的取模处理:

$$z_{\text{PN420}}^{(k)}(m) = \text{abs}\left(y_{\text{PN420}}^{(k)}(m)\right), m=0,1,2\dots M-1$$

$$z_{\text{PN595}}^{(k)}(m) = \text{abs}\left(y_{\text{PN595}}^{(k)}(m)\right), m=0,1,2\dots M-1$$

$$z_{\text{PN945}}^{(k)}(m) = \text{abs}\left(y_{\text{PN945}}^{(k)}(m)\right), m=0,1,2\dots M-1$$

通过如下方式标记每一个 k 对应的取模结果最大的值对应的 m :

$$q_1^{(k)} = m \mid \max_m \left(z_{\text{PN420}}^{(k)}(m) \right)$$

$$q_2^{(k)} = m \mid \max_m \left(z_{\text{PN595}}^{(k)}(m) \right)$$

$$q_3^{(k)} = m \mid \max_m \left(z_{\text{PN945}}^{(k)}(m) \right)$$

通过如下方式将标记的 m 值对应的匹配滤波输出结果进行合并, 并对合并后的结果进行取模处理:

$$w_{\text{PN420}} = \text{abs} \left(\sum_{k=0}^{K-1} y_{\text{PN420}}^{(k)}(q_1^{(k)}) \right)$$

$$w_{\text{PN595}} = \text{abs} \left(\sum_{k=0}^{K-1} y_{\text{PN595}}^{(k)}(q_2^{(k)}) \right)$$

$$w_{\text{PN945}} = \text{abs} \left(\sum_{k=0}^{K-1} y_{\text{PN945}}^{(k)}(q_3^{(k)}) \right)$$

通过如下方式对 k 段信号的匹配滤波结果取平均值, 并对取平均值后的结果进行取模处理:

$$\text{mean}_{\text{PN420}} = \text{abs} \left(\sum_{k=0}^{K-1} \sum_{m=0}^{M-1} y_{\text{PN420}}^{(k)}(m) \right)$$

$$\text{mean}_{\text{PN595}} = \text{abs} \left(\sum_{k=0}^{K-1} \sum_{m=0}^{M-1} y_{\text{PN595}}^{(k)}(m) \right)$$

$$\text{mean}_{\text{PN945}} = \text{abs} \left(\sum_{k=0}^{K-1} \sum_{m=0}^{M-1} y_{\text{PN945}}^{(k)}(m) \right)$$

将对合并后的结果进行取模处理后的结果与对取平均值后的结果进行取模处理后的结果相除，得到如下的检测统计量：

$$T_{PN420} = \frac{w_{PN420}}{\text{mean}_{PN420}}$$

$$T_{PN595} = \frac{w_{PN595}}{\text{mean}_{PN595}}$$

$$T_{PN945} = \frac{w_{PN945}}{\text{mean}_{PN945}}。$$

所述确定模块 13，进一步用于通过所述检测统计量与判决门限进行如下判决：

$$\begin{cases} T_{PN420} < \gamma'_{PN420} & D_0^{(1)} \\ T_{PN420} > \gamma'_{PN420} & D_1^{(1)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} T_{PN595} < \gamma'_{PN595} & D_0^{(2)} \\ T_{PN595} > \gamma'_{PN595} & D_1^{(2)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} T_{PN945} < \gamma'_{PN945} & D_0^{(3)} \\ T_{PN945} > \gamma'_{PN945} & D_1^{(3)} \end{cases}$$

以得到判决结果 $D^{(1)}$ 、 $D^{(2)}$ 、 $D^{(3)}$ ，其中， $D_0^{(i)}$ 代表逻辑假或者第一标识， $D_1^{(i)}$ 代表逻辑真或者第二标识， γ'_{xxx} 为判决门限，且所述判决门限根据目标虚警概率、K 值、M 值、L 值确定；

将所述判决结果 $D^{(1)}$ 、 $D^{(2)}$ 、 $D^{(3)}$ 进行逻辑 OR 合并，得到判决结果 $D = \text{OR}(D^{(i)}), i=1,2,3$ ，并基于判决结果 D 确定频谱感知结果。

所述滤波器的抽头系数为整个帧头序列或部分帧头序列的函数，且所述滤波器的抽头系数具体为：

$$h_{PN420}(L^1 - 1) = s_{PN420}(1), l = 0, \dots, L^1, \text{ 其 } L=164$$

$$h_{PN595}(L^2 - 1) = s_{PN595}(1), l = 0, \dots, L^2, \text{ 其 } L=594$$

$$h_{PN945}(L^3 - 1) = s_{PN945}(1), l = 0, \dots, L^3, \text{ 其 } L=433$$

或者，

$$h_{PN420}(L^1 - 1) = s_{PN420}(1), l = 0, \dots, L^1, \text{ 其 } L=419$$

$$h_{PN595}(L^2 - 1) = s_{PN595}(1), l = 0, \dots, L^2, \text{ 其 } L=594$$

$$h_{\text{PN945}}(L^3 - 1) = s_{\text{PN945}}(l), l = 0, \dots, L^3, \text{ 其 } L=944$$

其中, 帧头模式 PN420 的帧头符号序列为 $s_{\text{PN420}}(n), n=0, \dots, 419$; 帧头模式 PN595 的帧头符号序列为 $s_{\text{PN595}}(n), n=0, \dots, 594$; 帧头模式 PN945 的帧头符号序列为 $s_{\text{PN945}}(n), n=0, \dots, 944$ 。

在时分同步码分多址长期演进 TD-LTE 系统中, 所述一个或者多个离散的静默期具体为 TD-LTE 系统的一个或者多个保护时隙 GP; 或者, 为一个或者多个离散的 TD-LTE 静默子帧。

其中, 本发明装置的各个模块可以集成于一体, 也可以分离部署。上述模块可以合并为一个模块, 也可以进一步拆分成多个子模块。

通过以上的实施方式的描述, 本领域的技术人员可以清楚地了解到本发明可借助软件加必需的通用硬件平台的方式来实现, 当然也可以通过硬件, 但很多情况下前者是更佳的实施方式。基于这样的理解, 本发明的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分可以以软件产品的形式体现出来, 该计算机软件产品存储在一个存储介质中, 包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机, 服务器, 或者网络设备等)执行本发明各个实施例所述的方法。

本领域技术人员可以理解附图只是一个优选实施例的示意图, 附图中的模块或流程并不一定是实施本发明所必须的。

本领域技术人员可以理解实施例中的装置中的模块可以按照实施例描述进行分布于实施例的装置中, 也可以进行相应变化位于不同于本实施例的一个或多个装置中。上述实施例的模块可以合并为一个模块, 也可以进一步拆分成多个子模块。

上述本发明实施例序号仅仅为了描述, 不代表实施例的优劣。

以上公开的仅为本发明的几个具体实施例, 但是, 本发明并非局限于此, 任何本领域的技术人员能思之的变化都应落入本发明的保护范围。

权利要求

1、一种频谱感知方法，其特征在于，包括：

认知无线电系统在一个或者多个离散的静默期内接收信号，并对接收的信号进行处理得到基带信号；

所述认知无线电系统根据所述基带信号获得检测统计量，并根据所述检测统计量确定频谱感知结果。

2、如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述认知无线电系统根据所述基带信号获得检测统计量，包括：

所述认知无线电系统通过滤波器对所述基带信号进行滤波处理，并对滤波处理后的结果进行取模处理；

所述认知无线电系统选择取模处理后的结果中的最大值，并计算取模处理后的结果的平均值；

所述认知无线电系统根据所述最大值以及所述平均值获得检测统计量。

3、如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述认知无线电系统通过滤波器对所述基带信号进行滤波处理，包括：

所述认知无线电系统对所述基带信号进行补零处理，并通过所述滤波器对补零处理后的基带信号进行滤波处理；

其中，补零个数由所述滤波器长度确定。

4、如权利要求 1-3 任一项所述的方法，其特征在于，所述信号为具有帧头加帧体结构的信号，且所述信号包括数字电视多媒体广播 DTMB 信号。

5、如权利要求 3 所述的方法，其特征在于，当信号为 DTMB 信号时，基带信号为 DTMB 基带信号 $x(n)$ ，且 DTMB 信号对应帧头模式 PN420、帧头模式 PN595、帧头模式 PN945；所述认知无线电系统根据所述基带信号获得检测统计量，进一步包括：

所述认知无线电系统在一个离散的静默期所对应的 DTMB 基带信号 $x(n)$ 中，任意截取 M 符号长度的 DTMB 基带信号得到 $x(n), n=0, \dots, M$ ；

所述认知无线电系统将截取信号 $x(n)$ 补零得到信号 $u(n)$ ，并将信号 $u(n)$ 分

别经过三个滤波器进行滤波处理, 得到滤波后的输出结果为:

$$y_{PN420}(m) = \frac{1}{L} \sum_{n=0}^{L^1-1} u(m+n) h_{PN420}^*(L^1-n-1), m=0, 1, 2 \dots M-1$$

$$y_{PN595}(m) = \frac{1}{L} \sum_{n=0}^{L^2-1} u(m+n) h_{PN595}^*(L^2-n-1), m=0, 1, 2 \dots M-1$$

$$y_{PN945}(m) = \frac{1}{L} \sum_{n=0}^{L^3-1} u(m+n) h_{PN945}^*(L^3-n-1), m=0, 1, 2 \dots M-1$$

其中, h^* 的*为共厄运算;

所述认知无线电系统对滤波后的输出结果进行如下的取模处理:

$$z_{PN420}(m) = \text{abs}(y_{PN420}(m)), m=0, 1, 2 \dots M-1$$

$$z_{PN595}(m) = \text{abs}(y_{PN595}(m)), m=0, 1, 2 \dots M-1$$

$$z_{PN945}(m) = \text{abs}(y_{PN945}(m)), m=0, 1, 2 \dots M-1$$

所述认知无线电系统选择取模处理后的结果中的最大值, 计算取模处理后的结果的平均值, 并通过所述最大值与平均值之比得到如下检测统计量:

$$T_{PN420} = \frac{\max\{z_{PN420}(m), m=0, 1, 2 \dots M-1\}}{\frac{1}{M} \sum_{m=0}^{M-1} z_{PN420}(m)}$$

$$T_{PN595} = \frac{\max\{z_{PN595}(m), m=0, 1, 2 \dots M-1\}}{\frac{1}{M} \sum_{m=0}^{M-1} z_{PN595}(m)}$$

$$T_{PN945} = \frac{\max\{z_{PN945}(m), m=0, 1, 2 \dots M-1\}}{\frac{1}{M} \sum_{m=0}^{M-1} z_{PN945}(m)}。$$

6、如权利要求5所述的方法, 其特征在于, 所述认知无线电系统根据所述检测统计量确定频谱感知结果, 包括:

所述认知无线电系统通过所述检测统计量与判决门限进行如下判决:

$$\begin{cases} T_{PN420} < \gamma_{PN420} & D_0^{(1)} \\ T_{PN420} > \gamma_{PN420} & D_1^{(1)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} T_{PN595} < \gamma_{PN595} & D_0^{(2)} \\ T_{PN595} > \gamma_{PN595} & D_1^{(2)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} T_{PN945} < \gamma_{PN945} & D_0^{(3)} \\ T_{PN945} > \gamma_{PN945} & D_1^{(3)} \end{cases}$$

以得到判决结果 $D^{(1)}$ 、 $D^{(2)}$ 、 $D^{(3)}$ ，其中， $D_0^{(i)}$ 代表逻辑假或者第一标识， $D_1^{(i)}$ 代表逻辑真或者第二标识， γ_{xxx} 为判决门限，且所述判决门限根据目标虚警概率、M 值、L 值确定；

所述认知无线电系统将所述判决结果 $D^{(1)}$ 、 $D^{(2)}$ 、 $D^{(3)}$ 进行逻辑 OR 合并，得到判决结果 $D = \text{OR}(D^{(i)}), i=1,2,3$ ，并基于判决结果 D 确定频谱感知结果。

7、如权利要求 6 所述的方法，其特征在于，所述认知无线电系统根据所述基带信号获得检测统计量，进一步包括：

所述认知无线电系统在多个离散的静默期所对应的 DTMB 基带信号 $x^{(n)}$ 中，得到 K 段相同长度的 DTMB 基带信号 $x^{(k)}(n), k=0, \dots, K-1, n=0, \dots, M-1$ ，且每段信号长度为 M；

所述认知无线电系统按照对一个离散的静默期所对应的 DTMB 基带信号 $x^{(n)}$ 的处理方式，对 K 段 DTMB 基带信号中的每段 DTMB 基带信号分别进行处理，得到对应的 $3*K$ 个检测统计量；

所述认知无线电系统根据所述检测统计量确定频谱感知结果，包括：

所述认知无线电系统按照对一个离散的静默期所对应的检测统计量进行判决的处理方式，对所述 $3*K$ 个检测统计量进行判决，以得到 $3*K$ 个判决结果 $D^{(1,k)}$ 、 $D^{(2,k)}$ 、 $D^{(3,k)}$ ， $k=0, \dots, K-1$ ；

所述认知无线电系统将所述 $3*K$ 个判决结果 $D^{(1,k)}$ 、 $D^{(2,k)}$ 、 $D^{(3,k)}$ 进行逻辑 OR 合并，得到判决结果 $D = \text{OR}(D^{(i,k)}), i=1,2,3, k=0, \dots, K-1$ ，并基于判决结果 D 确定频谱感知结果。

8、如权利要求 3 所述的方法，其特征在于，当信号为 DTMB 信号时，基带信号为 DTMB 基带信号 $x^{(n)}$ ，且 DTMB 信号对应帧头模式 PN420、帧头模式 PN595、帧头模式 PN945；所述认知无线电系统根据所述基带信号获得检测统计量，进一步包括：

所述认知无线电系统在多个离散的静默期所对应的 DTMB 基带信号 $x^{(n)}$

中, 得到 K 段相同长度的 DTMB 基带信号 $x^{(k)}(n), k=0, \dots, K-1, n=0, \dots, M-1$, 且每段信号长度为 M ;

所述认知无线电系统将 DTMB 基带信号 $x^{(k)}(n)$ 补零得到信号 $u^{(k)}(n)$, 并将信号 $u^{(k)}(n)$ 分别经过三个滤波器进行滤波处理, 得到滤波后的输出结果为:

$$y_{\text{PN420}}^{(k)}(m) = \frac{1}{L} \sum_{n=0}^{L^1-1} u^{(k)}(m+n) h_{\text{PN420}}^*(L^1-n-1), m=0, 1, 2, \dots, M-1$$

$$y_{\text{PN595}}^{(k)}(m) = \frac{1}{L} \sum_{n=0}^{L^2-1} u^{(k)}(m+n) h_{\text{PN595}}^*(L^2-n-1), m=0, 1, 2, \dots, M-1$$

$$y_{\text{PN945}}^{(k)}(m) = \frac{1}{L} \sum_{n=0}^{L^3-1} u^{(k)}(m+n) h_{\text{PN945}}^*(L^3-n-1), m=0, 1, 2, \dots, M-1$$

其中, $h^*(\cdot)$ 的 $*$ 为共轭运算;

所述认知无线电系统对滤波后的输出结果进行如下的取模处理:

$$z_{\text{PN420}}^{(k)}(m) = \text{abs}\left(y_{\text{PN420}}^{(k)}(m)\right), m=0, 1, 2, \dots, M-1$$

$$z_{\text{PN595}}^{(k)}(m) = \text{abs}\left(y_{\text{PN595}}^{(k)}(m)\right), m=0, 1, 2, \dots, M-1$$

$$z_{\text{PN945}}^{(k)}(m) = \text{abs}\left(y_{\text{PN945}}^{(k)}(m)\right), m=0, 1, 2, \dots, M-1$$

所述认知无线电系统通过如下方式标记每一个 k 对应的取模结果最大的值对应的 m :

$$q_1^{(k)} = m \left| \max_m \left(z_{\text{PN420}}^{(k)}(m) \right) \right|$$

$$q_2^{(k)} = m \left| \max_m \left(z_{\text{PN595}}^{(k)}(m) \right) \right|$$

$$q_3^{(k)} = m \left| \max_m \left(z_{\text{PN945}}^{(k)}(m) \right) \right|$$

所述认知无线电系统通过如下方式将标记的 m 值对应的匹配滤波输出结果进行合并, 并对合并后的结果进行取模处理:

$$w_{\text{PN420}} = \text{abs} \left(\sum_{k=0}^{K-1} y_{\text{PN420}}^{(k)}(q_1^{(k)}) \right)$$

$$w_{\text{PN595}} = \text{abs} \left(\sum_{k=0}^{K-1} y_{\text{PN595}}^{(k)}(q_2^{(k)}) \right)$$

$$w_{\text{PN945}} = \text{abs} \left(\sum_{k=0}^{K-1} y_{\text{PN945}}^{(k)}(q_3^{(k)}) \right)$$

所述认知无线电系统通过如下方式对k段信号的匹配滤波结果取平均值,并对取平均值后的结果进行取模处理:

$$\text{mean}_{\text{PN420}} = \text{abs} \left(\sum_{k=0}^{K-1} \sum_{m=0}^{M-1} y_{\text{PN420}}^{(k)}(m) \right)$$

$$\text{mean}_{\text{PN595}} = \text{abs} \left(\sum_{k=0}^{K-1} \sum_{m=0}^{M-1} y_{\text{PN595}}^{(k)}(m) \right)$$

$$\text{mean}_{\text{PN945}} = \text{abs} \left(\sum_{k=0}^{K-1} \sum_{m=0}^{M-1} y_{\text{PN945}}^{(k)}(m) \right)$$

所述认知无线电系统将对合并后的结果进行取模处理后的结果与对取平均值后的结果进行取模处理后的结果相除,得到如下的检测统计量:

$$T_{\text{PN420}} = \frac{W_{\text{PN420}}}{\text{mean}_{\text{PN420}}}$$

$$T_{\text{PN595}} = \frac{W_{\text{PN595}}}{\text{mean}_{\text{PN595}}}$$

$$T_{\text{PN945}} = \frac{W_{\text{PN945}}}{\text{mean}_{\text{PN945}}}。$$

9、如权利要求8所述的方法,其特征在于,所述认知无线电系统根据所述检测统计量确定频谱感知结果,包括:

所述认知无线电系统通过所述检测统计量与判决门限进行如下判决:

$$\begin{cases} T_{\text{PN420}} < \gamma'_{\text{PN420}} & D_0^{(1)} \\ T_{\text{PN420}} > \gamma'_{\text{PN420}} & D_1^{(1)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} T_{\text{PN595}} < \gamma'_{\text{PN595}} & D_0^{(2)} \\ T_{\text{PN595}} > \gamma'_{\text{PN595}} & D_1^{(2)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} T_{\text{PN945}} < \gamma'_{\text{PN945}} & D_0^{(3)} \\ T_{\text{PN945}} > \gamma'_{\text{PN945}} & D_1^{(3)} \end{cases}$$

以得到判决结果 $D^{(1)}$ 、 $D^{(2)}$ 、 $D^{(3)}$,其中, $D_0^{(i)}$ 代表逻辑假或者第一标识, $D_1^{(i)}$ 代表逻辑真或者第二标识, γ'_{xxx} 为判决门限,且所述判决门限根据目标虚警概率、K值、M值、L值确定;

所述认知无线电系统将所述判决结果 $D^{(1)}$ 、 $D^{(2)}$ 、 $D^{(3)}$ 进行逻辑 OR 合并,得到判决结果 $D = \text{OR}(D^{(i)}), i=1,2,3$,并基于判决结果 D 确定频谱感知结果。

10、如权利要求 5 或 8 所述的方法，其特征在于，所述滤波器的抽头系数为整个帧头序列或部分帧头序列的函数，且所述滤波器的抽头系数具体为：

$$h_{\text{PN420}}(L^1 - 1) = s_{\text{PN420}}(1), l = 0, \dots, L^1, \text{ 其 } L=164$$

$$h_{\text{PN595}}(L^2 - 1) = s_{\text{PN595}}(1), l = 0, \dots, L^2, \text{ 其 } L=594$$

$$h_{\text{PN945}}(L^3 - 1) = s_{\text{PN945}}(1), l = 0, \dots, L^3, \text{ 其 } L=433$$

或者，

$$h_{\text{PN420}}(L^1 - 1) = s_{\text{PN420}}(1), l = 0, \dots, L^1, \text{ 其 } L=419$$

$$h_{\text{PN595}}(L^2 - 1) = s_{\text{PN595}}(1), l = 0, \dots, L^2, \text{ 其 } L=594$$

$$h_{\text{PN945}}(L^3 - 1) = s_{\text{PN945}}(1), l = 0, \dots, L^3, \text{ 其 } L=944$$

其中，帧头模式 PN420 的帧头符号序列为 $s_{\text{PN420}}(n), n=0, \dots, 419$ ；帧头模式 PN595 的帧头符号序列为 $s_{\text{PN595}}(n), n=0, \dots, 594$ ；帧头模式 PN945 的帧头符号序列为 $s_{\text{PN945}}(n), n=0, \dots, 944$ 。

11、如权利要求 1-3 任一项所述的方法，其特征在于，在时分同步码分多址长期演进 TD-LTE 系统中，所述一个或者多个离散的静默期具体为 TD-LTE 系统的一个或者多个保护时隙 GP；或者，为一个或者多个离散的 TD-LTE 静默子帧。

12、一种频谱感知系统，其特征在于，包括：

第一获取模块，用于在一个或者多个离散的静默期内接收信号，并对接收的信号进行处理得到基带信号；

第二获取模块，用于根据所述基带信号获得检测统计量；

确定模块，用于根据所述检测统计量确定频谱感知结果。

13、如权利要求 12 所述的系统，其特征在于，

所述第二获取模块，具体用于通过滤波器对所述基带信号进行滤波处理，并对滤波处理后的结果进行取模处理；选择取模处理后的结果中的最大值，并计算取模处理后的结果的平均值；以及根据所述最大值以及所述平均值获得检测统计量。

14、如权利要求 13 所述的系统，其特征在于，

所述第二获取模块，进一步用于对所述基带信号进行补零处理，并通过

所述滤波器对补零处理后的基带信号进行滤波处理;

其中, 补零个数由所述滤波器长度确定。

15、如权利要求 12-14 任一项所述的系统, 其特征在于, 所述信号为具有帧头加帧体结构的信号, 且所述信号包括数字电视多媒体广播 DTMB 信号。

16、如权利要求 14 所述的系统, 其特征在于, 当信号为 DTMB 信号时, 基带信号为 DTMB 基带信号 $x(n)$, 且 DTMB 信号对应帧头模式 PN420、帧头模式 PN595、帧头模式 PN945;

所述第二获取模块, 进一步用于在一个离散的静默期所对应的 DTMB 基带信号 $x(n)$ 中, 任意截取 M 符号长度的 DTMB 基带信号得到 $x(n), n=0, \dots, M$;

将截取信号 $x(n)$ 补零得到信号 $u(n)$, 并将信号 $u(n)$ 分别经过三个滤波器进行滤波处理, 得到滤波后的输出结果为:

$$y_{PN420}(m) = \frac{1}{L} \sum_{n=0}^{L^1-1} u(m+n) h_{PN420}^*(L^1 - n - 1), m=0, 1, 2 \dots M-1$$

$$y_{PN595}(m) = \frac{1}{L} \sum_{n=0}^{L^2-1} u(m+n) h_{PN595}^*(L^2 - n - 1), m=0, 1, 2 \dots M-1$$

$$y_{PN945}(m) = \frac{1}{L} \sum_{n=0}^{L^3-1} u(m+n) h_{PN945}^*(L^3 - n - 1), m=0, 1, 2 \dots M-1$$

其中, h^* 的*为共厄运算;

对滤波后的输出结果进行如下的取模处理:

$$z_{PN420}(m) = \text{abs}(y_{PN420}(m)), m=0, 1, 2 \dots M-1$$

$$z_{PN595}(m) = \text{abs}(y_{PN595}(m)), m=0, 1, 2 \dots M-1$$

$$z_{PN945}(m) = \text{abs}(y_{PN945}(m)), m=0, 1, 2 \dots M-1$$

选择取模处理后的结果中的最大值, 计算取模处理后的结果的平均值, 并通过所述最大值与平均值之比得到如下检测统计量:

$$T_{PN420} = \frac{\max\{z_{PN420}(m), m=0, 1, 2 \dots M-1\}}{\frac{1}{M} \sum_{m=0}^{M-1} z_{PN420}(m)}$$

$$T_{PN595} = \frac{\max\{z_{PN595}(m), m=0, 1, 2 \dots M-1\}}{\frac{1}{M} \sum_{m=0}^{M-1} z_{PN595}(m)}$$

$$T_{PN945} = \frac{\max \{z_{PN945}(m), m=0,1,2,\dots,M-1\}}{\frac{1}{M} \sum_{m=0}^{M-1} z_{PN945}(m)}。$$

17、如权利要求 16 所述的系统，其特征在于，
所述确定模块，进一步用于通过所述检测统计量与判决门限进行如下判决：

$$\begin{cases} T_{PN420} < \gamma_{PN420} & D_0^{(1)} \\ T_{PN420} > \gamma_{PN420} & D_1^{(1)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} T_{PN595} < \gamma_{PN595} & D_0^{(2)} \\ T_{PN595} > \gamma_{PN595} & D_1^{(2)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} T_{PN945} < \gamma_{PN945} & D_0^{(3)} \\ T_{PN945} > \gamma_{PN945} & D_1^{(3)} \end{cases}$$

以得到判决结果 $D^{(1)}$ 、 $D^{(2)}$ 、 $D^{(3)}$ ，其中， $D_0^{(i)}$ 代表逻辑假或者第一标识， $D_1^{(i)}$ 代表逻辑真或者第二标识， γ_{xxx} 为判决门限，且所述判决门限根据目标虚警概率、M 值、L 值确定；

将所述判决结果 $D^{(1)}$ 、 $D^{(2)}$ 、 $D^{(3)}$ 进行逻辑 OR 合并，得到判决结果 $D = \text{OR}(D^{(i)}), i=1,2,3$ ，并基于判决结果 D 确定频谱感知结果。

18、如权利要求 17 所述的系统，其特征在于，

所述第二获取模块，进一步用于在多个离散的静默期所对应的 DTMB 基带信号 $x^{(n)}$ 中，得到 K 段相同长度的 DTMB 基带信号 $x^{(k)}(n), k=0, \dots, K-1, n=1, \dots, M$ ，且每段信号长度为 M；

按照对一个离散的静默期所对应的 DTMB 基带信号 $x^{(n)}$ 的处理方式，对 K 段 DTMB 基带信号中的每段 DTMB 基带信号分别进行处理，得到对应的 $3*K$ 个检测统计量；

所述确定模块，进一步用于按照对一个离散的静默期所对应的检测统计量进行判决的处理方式，对所述 $3*K$ 个检测统计量进行判决，以得到 $3*K$ 个判决结果 $D^{(1,k)}$ 、 $D^{(2,k)}$ 、 $D^{(3,k)}$ ， $k=0, \dots, K-1$ ；

将所述 $3*K$ 个判决结果 $D^{(1,k)}$ 、 $D^{(2,k)}$ 、 $D^{(3,k)}$ 进行逻辑 OR 合并，得到判

判决结果 $D = \text{OR}(D^{(i,k)}), i=1,2,3, k=0,\dots,K-1$ ，并基于判决结果 D 确定频谱感知结果。

19、如权利要求 14 所述的系统，其特征在于，当信号为 DTMB 信号时，基带信号为 DTMB 基带信号 $x^{(n)}$ ，且 DTMB 信号对应帧头模式 PN420、帧头模式 PN595、帧头模式 PN945；

所述第二获取模块，进一步用于在多个离散的静默期所对应的 DTMB 基带信号 $x^{(n)}$ 中，得到 K 段相同长度的 DTMB 基带信号 $x^{(k)}(n), k=0, \dots, K-1$ ，且每段信号长度为 M ；

将 DTMB 基带信号 $x^{(k)}(n)$ 补零得到信号 $u^{(k)}(n)$ ，并将信号 $u^{(k)}(n)$ 分别经过三个滤波器进行滤波处理，得到滤波后的输出结果为：

$$y_{\text{PN420}}^{(k)}(m) = \frac{1}{L} \sum_{n=0}^{L^1-1} u^{(k)}(m+n) h_{\text{PN420}}^*(L^1-n-1), m=0,1,2\dots M-1$$

$$y_{\text{PN595}}^{(k)}(m) = \frac{1}{L} \sum_{n=0}^{L^2-1} u^{(k)}(m+n) h_{\text{PN595}}^*(L^2-n-1), m=0,1,2\dots M-1$$

$$y_{\text{PN945}}^{(k)}(m) = \frac{1}{L} \sum_{n=0}^{L^3-1} u^{(k)}(m+n) h_{\text{PN945}}^*(L^3-n-1), m=0,1,2\dots M-1$$

其中， $h^*(\cdot)$ 的 $*$ 为共轭运算；

对滤波后的输出结果进行如下的取模处理：

$$z_{\text{PN420}}^{(k)}(m) = \text{abs}\left(y_{\text{PN420}}^{(k)}(m)\right), m=0,1,2\dots M-1$$

$$z_{\text{PN595}}^{(k)}(m) = \text{abs}\left(y_{\text{PN595}}^{(k)}(m)\right), m=0,1,2\dots M-1$$

$$z_{\text{PN945}}^{(k)}(m) = \text{abs}\left(y_{\text{PN945}}^{(k)}(m)\right), m=0,1,2\dots M-1$$

通过如下方式标记每一个 k 对应的取模结果最大的值对应的 m ：

$$q_1^{(k)} = m \mid \max_m \left(z_{\text{PN420}}^{(k)}(m) \right)$$

$$q_2^{(k)} = m \mid \max_m \left(z_{\text{PN595}}^{(k)}(m) \right)$$

$$q_3^{(k)} = m \mid \max_m \left(z_{\text{PN945}}^{(k)}(m) \right)$$

通过如下方式将标记的 m 值对应的匹配滤波输出结果进行合并, 并对合并后的结果进行取模处理:

$$w_{PN420} = \text{abs} \left(\sum_{k=0}^{K-1} y_{PN420}^{(k)} \left(q_1^{(k)} \right) \right)$$

$$w_{PN595} = \text{abs} \left(\sum_{k=0}^{K-1} y_{PN595}^{(k)} \left(q_2^{(k)} \right) \right)$$

$$w_{PN945} = \text{abs} \left(\sum_{k=0}^{K-1} y_{PN945}^{(k)} \left(q_3^{(k)} \right) \right)$$

通过如下方式对 k 段信号的匹配滤波结果取平均值, 并对取平均值后的结果进行取模处理:

$$\text{mean}_{PN420} = \text{abs} \left(\sum_{k=0}^{K-1} \sum_{m=0}^{M-1} y_{PN420}^{(k)}(m) \right)$$

$$\text{mean}_{PN595} = \text{abs} \left(\sum_{k=0}^{K-1} \sum_{m=0}^{M-1} y_{PN595}^{(k)}(m) \right)$$

$$\text{mean}_{PN945} = \text{abs} \left(\sum_{k=0}^{K-1} \sum_{m=0}^{M-1} y_{PN945}^{(k)}(m) \right)$$

将对合并后的结果进行取模处理后的结果与对取平均值后的结果进行取模处理后的结果相除, 得到如下的检测统计量:

$$T_{PN420} = \frac{w_{PN420}}{\text{mean}_{PN420}}$$

$$T_{PN595} = \frac{w_{PN595}}{\text{mean}_{PN595}}$$

$$T_{PN945} = \frac{w_{PN945}}{\text{mean}_{PN945}}。$$

20、如权利要求 19 所述的系统, 其特征在于,
所述确定模块, 进一步用于通过所述检测统计量与判决门限进行如下判决:

$$\begin{cases} T_{PN420} < \gamma'_{PN420} & D_0^{(1)} \\ T_{PN420} > \gamma'_{PN420} & D_1^{(1)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} T_{\text{PN595}} < \gamma'_{\text{PN595}} & D_0^{(2)} \\ T_{\text{PN595}} > \gamma'_{\text{PN595}} & D_1^{(2)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} T_{\text{PN945}} < \gamma'_{\text{PN945}} & D_0^{(3)} \\ T_{\text{PN945}} > \gamma'_{\text{PN945}} & D_1^{(3)} \end{cases}$$

以得到判决结果 $D^{(1)}$ 、 $D^{(2)}$ 、 $D^{(3)}$ ，其中， $D_0^{(i)}$ 代表逻辑假或者第一标识， $D_1^{(i)}$ 代表逻辑真或者第二标识， γ'_{xxx} 为判决门限，且所述判决门限根据目标虚警概率、K 值、M 值、L 值确定；

将所述判决结果 $D^{(1)}$ 、 $D^{(2)}$ 、 $D^{(3)}$ 进行逻辑 OR 合并，得到判决结果 $D = \text{OR}(D^{(i)}), i=1,2,3$ ，并基于判决结果 D 确定频谱感知结果。

21、如权利要求 16 或 19 所述的系统，其特征在于，所述滤波器的抽头系数为整个帧头序列或部分帧头序列的函数，且所述滤波器的抽头系数具体为：

$$\begin{aligned} h_{\text{PN420}}(L^1 - 1) &= s_{\text{PN420}}(1), l=0, \dots, L^1, \text{ 其 } L=164 \\ h_{\text{PN595}}(L^2 - 1) &= s_{\text{PN595}}(1), l=0, \dots, L^2, \text{ 其 } L=594 \\ h_{\text{PN945}}(L^3 - 1) &= s_{\text{PN945}}(1), l=0, \dots, L^3, \text{ 其 } L=433 \end{aligned}$$

或者，

$$\begin{aligned} h_{\text{PN420}}(L^1 - 1) &= s_{\text{PN420}}(1), l=0, \dots, L^1, \text{ 其 } L=419 \\ h_{\text{PN595}}(L^2 - 1) &= s_{\text{PN595}}(1), l=0, \dots, L^2, \text{ 其 } L=594 \\ h_{\text{PN945}}(L^3 - 1) &= s_{\text{PN945}}(1), l=0, \dots, L^3, \text{ 其 } L=944 \end{aligned}$$

其中，帧头模式 PN420 的帧头符号序列为 $s_{\text{PN420}}(n), n=0, \dots, 419$ ；帧头模式 PN595 的帧头符号序列为 $s_{\text{PN595}}(n), n=0, \dots, 594$ ；帧头模式 PN945 的帧头符号序列为 $s_{\text{PN945}}(n), n=0, \dots, 944$ 。

22、如权利要求 12-14 任一项所述的系统，其特征在于，在时分同步码分多址长期演进 TD-LTE 系统中，所述一个或者多个离散的静默期具体为 TD-LTE 系统的一个或者多个保护时隙 GP；或者，为一个或者多个离散的 TD-LTE 静默子帧。

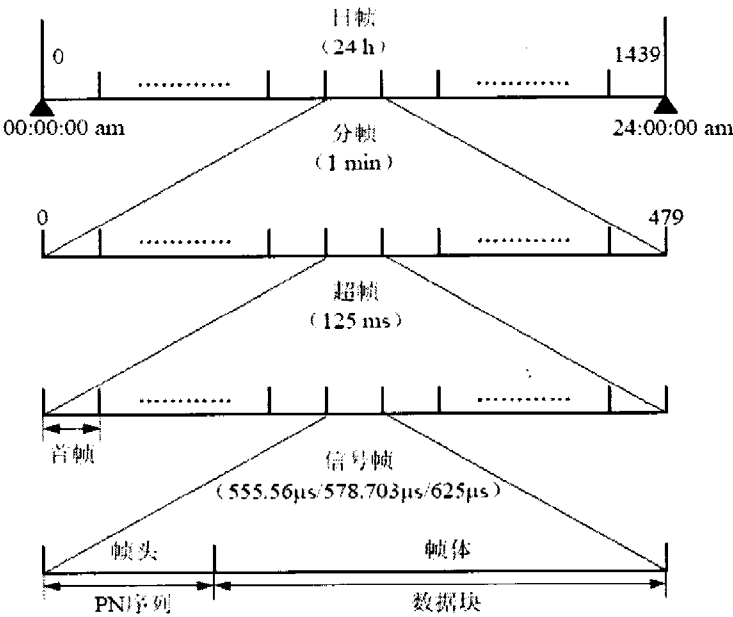


图 1

帧头 (420 Symbols)(55.6us)	帧体 (3780 Symbols)(500us)
帧头模式一 PN 420	
帧头 (595 Symbols)(78.7us)	帧体 (3780 Symbols)(500us)
帧头模式二 PN 595	
帧头 (945 Symbols)(125us)	帧体 (3780 Symbols)(500us)
帧头模式三 PN 945	

图 2

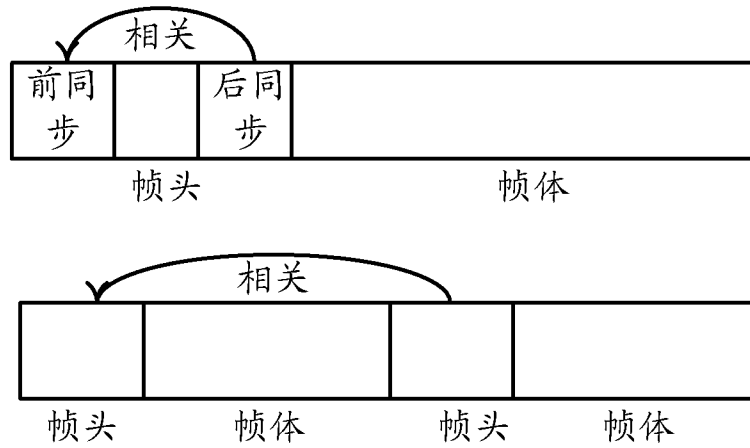


图 3

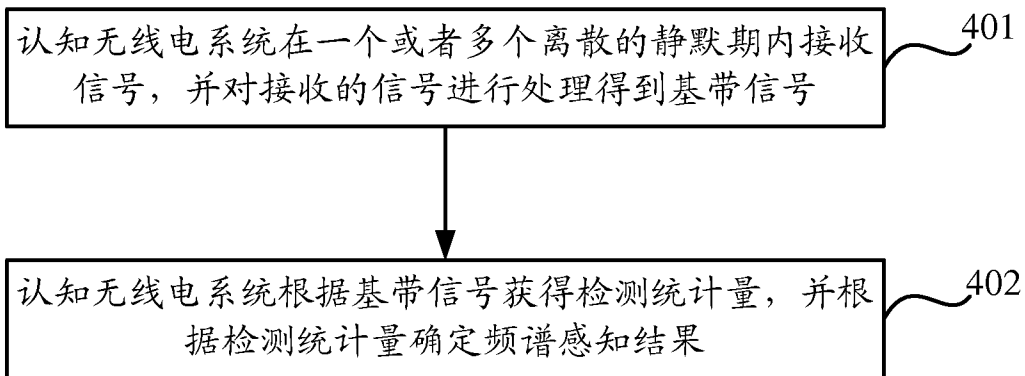


图 4

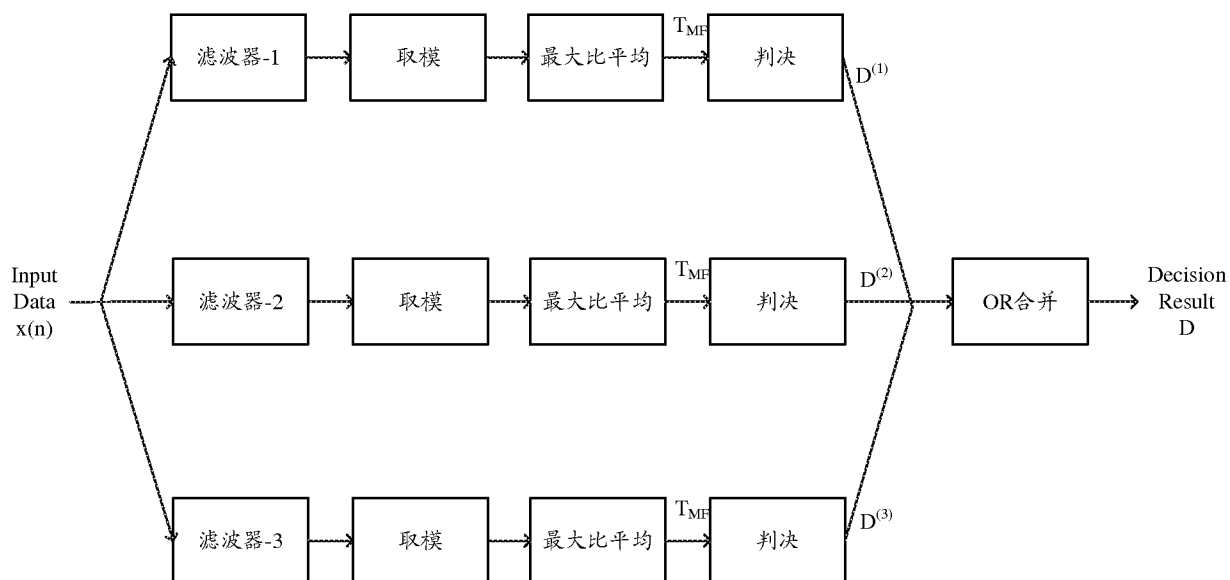


图 5

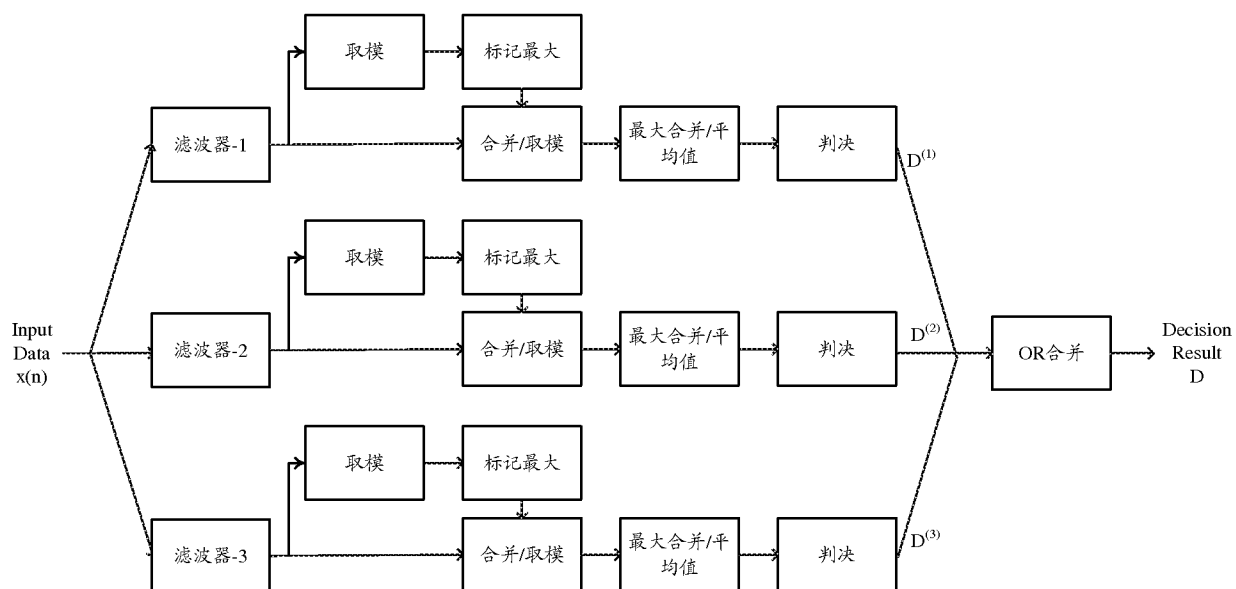


图 6

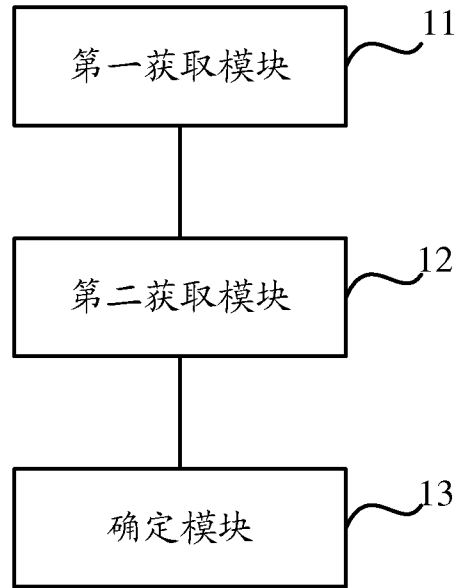


图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2013/070124

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See the extra sheet

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: H04W, H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNKI, CPRSABS, CNTXT: cognitive radio, CR, spectrum sensing, silent, guard period, GP, guard time spacing, silent subframe, statistics, digital television terrestrial multimedia broadcast, DTMB

VEN, IEEE: cognitive radio, CR, spectrum sensing, silent, guard period, GP, statistic, digital television terrestrial multimedia broadcast, DTMB

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 101753233 A (THE RESEARCH INSTITUTE OF TELECOMMUNICATIONS TRANSMISSION, MIIT), 23 June 2010 (23.06.2010), description, paragraphs 0060-0069, and figure 1	1, 4, 11, 12, 15, 22
A		2-3, 5-10, 13-14, 16-21
Y	CN 101895895 A (BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS), 24 November 2010 (24.11.2010), description, paragraphs 0052-0062, and figure 2	1, 4, 11, 12, 15, 22
A		2-3, 5-10, 13-14, 16-21
A	CN 101990231 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.), 23 March 2011 (23.03.2011), the whole document	1-22

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 22 March 2013 (22.03.2013)	Date of mailing of the international search report 18 April 2013 (18.04.2013)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer LIU, Jing Telephone No.: (86-10) 62411431

International application No.
PCT/CN2013/070124

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2009)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2013/070124

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04W 16/14 (2009.01) i

H04B 17/00 (2006.01) i

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2013/070124

A. 主题的分类

见附加页

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC: H04W, H04B

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNKI, CPRSABS, CNTXT: 认知无线电, CR, 频谱感知, 静默, 保护时隙, GP, 保护时间间隔, 静默子帧, 统计, 数字电视多媒体广播, DTMB

VEN, IEEE: cognitive radio, CR, spectrum sensing, silent, guard period, GP, statistic, digital television terrestrial multimedia broadcast, DTMB

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
Y	CN101753233A(工业和信息化部电信传输研究所) 23.6 月 2010(23.06.2010) 说明书第 0060-0069 段, 图 1	1, 4, 11, 12, 15, 22
A		2-3, 5-10, 13-14, 16-21
Y	CN101895895A(北京邮电大学) 24.11 月 2010(24.11.2010) 说明书第 0052-0062 段, 图 2	1, 4, 11, 12, 15, 22
A		2-3, 5-10, 13-14, 16-21
A	CN101990231A(华为技术有限公司) 23.3 月 2011(23.03.2011) 全文	1-22

☐ 其余文件在 C 栏的续页中列出。

☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期
22.3 月 2013(22.03.2013)

国际检索报告邮寄日期
18.4 月 2013 (18.04.2013)

ISA/CN 的名称和邮寄地址:
中华人民共和国国家知识产权局
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088
传真号: (86-10)62019451

受权官员

刘静
电话号码: (86-10) **62411431**

关于同族专利的信息

PCT/CN2013/070124

PCT/ISA/210 表(同族专利附件) (2009 年 7 月)

A. 主题的分类

H04W 16/14(2009.01) i

H04B 17/00(2006.01) i